

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-218632

(43)Date of publication of application : 10.08.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/16

G02B 6/22

(21)Application number : 10-019484

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 30.01.1998

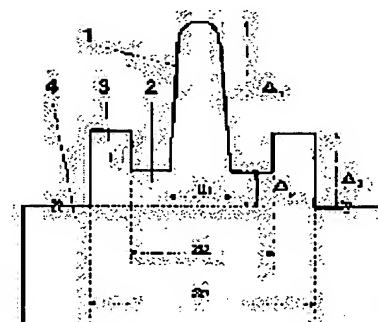
(72)Inventor : MUKASA KAZUNORI

(54) DISPERSION SHIFT FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a dispersion shift fiber (DSF) which is suitable for light- wavelength division multiplex transmission.

SOLUTION: A refractive index distribution and a core diameter ratio are found so as to obtain an optimum mode filed diameter and an optimum dispersion gradient. In concrete, nonlinearity and a low dispersion gradient are both obtained by setting the specific refractive index difference ($\Delta 1$) to the refractive index of pure silica of a center core 1 to +0.7 to +0.85%, a refractive index distribution parameter (a constant) to 1.2 to 1.8, the specific refractive index difference of a 1st side core 2 to -0.05 to +0.1%, the specific refractive index difference ($\Delta 3$) to +0.3 to +0.6%, the radius ($a_{1/2}$) of the 1st side core 2 to 2 to 4.5 μm , and the radius ($a_{2/2}$) of the 1st side core 2 to 7 to 12.5 μm and the radius ($a_{3/2}$) of the 2nd core 3 to 7-12.5 μm . Judging from that the nonlinearity can be obtained, waveform distortion of signal light can be controlled for fast, large-capacity transmission and judging from the small dispersion gradient, a wide wavelength range can be used for the signal light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-218632

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/16

6/22

識別記号

F I

G 0 2 B 6/16

6/22

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-19484

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月30日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 武笠 和則

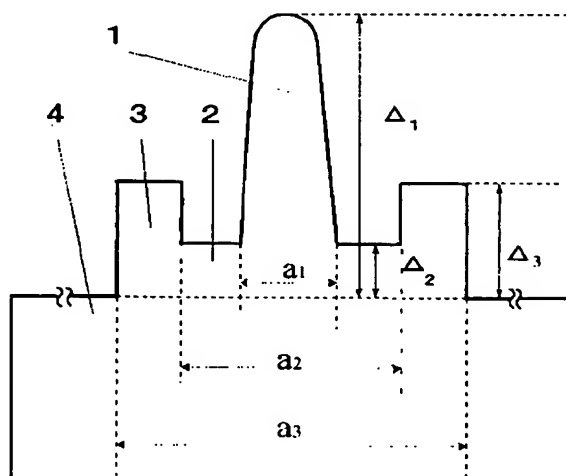
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 分散シフトファイバ

(57) 【要約】

【課題】 光波長分割多重伝送用に適した、分散シフトファイバ (DSF) を提供する。

【解決手段】 モードフィールド直径と分散勾配が最適になるように屈折率分布およびコア径比を求める。具体的には、センタコア1の純シリカの屈折率に対する比屈折率差 (Δ_1) を $+0.7 \sim +0.85\%$ 、屈折率分布パラメータ (α 定数) を $1.2 \sim 1.8$ とし、第1サイドコア2の比屈折率差 (Δ_2) を $-0.05 \sim +0.1\%$ 、第2サイドコア3の比屈折率差 (Δ_3) を $+0.3 \sim +0.6\%$ とし、センタコア1の半径 ($a_1/2$) を $2 \sim 4.5 \mu\text{m}$ 、第1サイドコア2の半径 ($a_2/2$) を $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 、第2サイドコア3の半径 ($a_3/2$) を $7 \sim 12.5 \mu\text{m}$ とすることによって、低非線形性および低分散勾配の両方を満足するようにした。



分散シフトファイバの屈折率分布の一例

【特許請求の範囲】

【請求項1】センタコアと、前記センタコアの外部に前記センタコアより屈折率の低い第1サイドコアと、前記第1サイドコアの外部に前記第1サイドコアより屈折率の高い第2サイドコアと、前記第2サイドコアの外部に前記第2サイドコアより屈折率の低いクラッドとを有する分散シフトファイバにおいて、

前記各コアの純シリカに対する比屈折率差は、前記センタコアの比屈折率差 (Δ_1) が $+0.7 \sim +0.85\%$ 、前記第1サイドコアの比屈折率差 (Δ_2) が $-0.05 \sim +0.1\%$ 、前記第2サイドコアの比屈折率差 (Δ_3) が $+0.3 \sim +0.6\%$ であり、

前記センタコアの屈折率分布パラメータ (α 定数) が $1.2 \sim 1.8$ であり、

前記センタコアの半径 ($a_1/2$) が $2 \sim 4.5 \mu\text{m}$ 、前記第1サイドコアの半径 ($a_2/2$) が $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 、前記第2サイドコアの半径 ($a_3/2$) が $7 \sim 12.5 \mu\text{m}$ であり、

前記光ファイバの分散値は、 $1.55 \mu\text{m}$ 帯において $-3 \sim +3 \text{ ps/nm/km}$ (分散値零付近を除く) であり、

有効コア断面積 (A_{eff}) が $80 \mu\text{m}^2$ 以上であり、分散勾配の絶対値が $0.12 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項2】センタコアと、前記センタコアの外部に前記センタコアより屈折率の低い第1サイドコアと、前記第1サイドコアの外部に前記第1サイドコアより屈折率の高い第2サイドコアと、前記第2サイドコアの外部に前記第2サイドコアより屈折率の低いクラッドとを有する分散シフトファイバにおいて、

前記各コアの純シリカに対する比屈折率差は、前記センタコアの比屈折率差 (Δ_1) が $+0.7 \sim +0.85\%$ 、前記第1サイドコアの比屈折率差 (Δ_2) が $-0.05 \sim +0.1\%$ 、前記第2サイドコアの比屈折率差 (Δ_3) が $+0.3 \sim +0.6\%$ であり、

前記センタコアの屈折率分布パラメータ (α 定数) が $1.2 \sim 1.8$ であり、

前記センタコアの半径 ($a_1/2$) が $2 \sim 4.5 \mu\text{m}$ 、前記第1サイドコアの半径 ($a_2/2$) が $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 、前記第2サイドコアの半径 ($a_3/2$) が $7 \sim 12.5 \mu\text{m}$ であり、

前記光ファイバの分散値は、 $1.55 \mu\text{m}$ 帯において $-3 \sim +3 \text{ ps/nm/km}$ (分散値零付近を除く) であり、

有効コア断面積 (A_{eff}) が $50 \mu\text{m}^2$ 以上であり、分散勾配の絶対値が $0.065 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯の光信号を伝搬するための分散シフトファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】光伝送の高速大容量化が進む中、波長分割多重 (以下、WDM とする) 伝送技術が本命技術として

注目されている。しかしながら、その代償として、光ファイバにおける非線形現象が新たな問題として生じている。この非線形現象を解消するための研究については、OFC '97 TuN1b に報告されている。その内容は、センタコアに含まれるゲルマニウムの量を小さく抑えるとともに、分散シフトファイバ (以下、DSF とする) のモードフィールド直径 (以下、MFD とする) を大きくする技術、すなわち有効コア断面積 (以下、 A_{eff} とする) を大きくする技術に関するものである。

【0003】光ファイバの非線形現象による信号の歪み (以下、 ϕ_{NL} とする) は一般に下記の数式

【数1】

$$\phi_{\text{NL}} = (2 \pi \times n_2 \times L_{\text{eff}} \times P) / (\lambda \times A_{\text{eff}})$$
 で表すことができるため、 A_{eff} は大きい方が ϕ_{NL} を小さくすることができる。ここで、 n_2 はセンタコアに含まれるゲルマニウムの量に比例する指数、 L_{eff} は光ファイバの有効長、 P は光ファイバへの入力光パワーである。また、 A_{eff} は、

【数2】 $A_{\text{eff}} = k \times (\text{MFD})^2$

で表すことができるため、MFD が大きいと ϕ_{NL} は小さくなるため、非常に効率よく低非線形性が達成できることがわかる (ここで、 k は定数である)。そのため、DSF における MFD の拡大は、現在最も要求されている特性の一つとなっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、MFD の拡大は曲げ損失と分散勾配の増大を伴うことが問題とされている。曲げ損失の増大は、実際のケーブルとして用いるときにロス増等の深刻な問題を引き起こす。また、分散勾配の増大は、WDM 光伝送を行う際の波長毎の分散の格差の増大を引き起こす。

【0005】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は、上記の問題点を解決するために、DSF の屈折率分布およびコア径 (以下、屈折率分布とコア径をあわせて、プロファイルと表記する) の最適化を図ることにより、波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯における DSF の分散値を微小分散に設定したうえで低非線形性を得ながら、さらに曲げロスおよび分散勾配が増大しない DSF を提供することを目的とする。

【0006】なお、DSF の屈折率分布は、純シリカの屈折率 (以下、シリカレベルとする) に対する比屈折率差 (以下、 Δ とする) で定義する。各コアの比屈折率差を、センタコア、第1サイドコア、第2サイドコアの順に、それぞれ Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 とする。

【0007】本発明における第1の解決手段は、センタコアと、前記センタコアの外部に前記センタコアより屈折率の低い第1サイドコアと、前記第1サイドコアの外部に前記第1サイドコアより屈折率の高い第2サイドコアと、前記第2サイドコアの外部に前記第2サイドコアより屈折率の低いクラッドとを有する分散シフトファイ

10

20

30

40

50

バにおいて、前記各コアの純シリカに対する比屈折率差は、前記センタコアの比屈折率差 (Δ_1) が $+0.7\sim+0.85\%$ 、前記第1サイドコアの比屈折率差 (Δ_2) が $-0.05\sim+0.1\%$ 、前記第2サイドコアの比屈折率差 (Δ_3) が $+0.3\sim+0.6\%$ であり、前記センタコアの屈折率分布パラメータ (α 定数) が $1.2\sim1.8$ であり、前記センタコアの半径 ($a_1/2$) が $2\sim4.5\ \mu\text{m}$ 、前記第1サイドコアの半径 ($a_2/2$) が $5\sim10\ \mu\text{m}$ 、前記第2サイドコアの半径 ($a_3/2$) が $7\sim12.5\ \mu\text{m}$ であり、前記光ファイバの分散値は、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯において $-3\sim+3\text{ps/nm/km}$ (分散値ゼロ付近を除く) であり、有効コア断面積 (A_{eff}) が $80\ \mu\text{m}^2$ 以上であり、分散勾配の絶対値が $0.12\ \text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする。

【0008】第2の解決手段は、センタコアと、前記センタコアの外部に前記センタコアより屈折率の低い第1サイドコアと、前記第1サイドコアの外部に前記第1サイドコアより屈折率の高い第2サイドコアと、前記第2サイドコアの外部に前記第2サイドコアより屈折率の低いクラッドとを有する分散シフトファイバにおいて、前記各コアの純シリカに対する比屈折率差は、前記センタコアの比屈折率差 (Δ_1) が $+0.7\sim+0.85\%$ 、前記第1サイドコアの比屈折率差 (Δ_2) が $-0.05\sim+0.1\%$ 、前記第2サイドコアの比屈折率差 (Δ_3) が $+0.3\sim+0.6\%$ であり、前記センタコアの屈折率分布パラメータ (α 定数) が $1.2\sim1.8$ であり、前記センタコアの半径 ($a_1/2$) が $2\sim4.5\ \mu\text{m}$ 、前記第1サイドコアの半径 ($a_2/2$) が $5\sim10\ \mu\text{m}$ 、前記第2サイドコアの半径 ($a_3/2$) が $7\sim12.5\ \mu\text{m}$ であり、前記光ファイバの分散値は、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯において $-3\sim+3\text{ps/nm/km}$ (分散値ゼロ付近を除く) であり、有効コア断面積 (A_{eff}) が $50\ \mu\text{m}^2$ 以上であり、分散勾配の絶対値が $0.065\ \text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を、図面を用いて説明する。図1は本発明のDSFの屈折率分布を示す図であり、前記DSFは、センタコア1と、前記センタコア1の外部に前記センタコア1より屈折率の低い第1サイドコア2と、前記第1サイドコア2の外部に前記第1サイドコア2より屈折率の高い第2サイドコア3と、前記第2サイドコア3の外部に前記第2サイドコア3より屈折率の低いクラッド4とを有する。

【0010】本発明では、図1において、あらゆるパラメータを変化させてプロファイルを探査し、その範囲での分散勾配と曲げ損失との関係から最適なプロファイルを求めた。その具体例を以下に示す。

【0011】

【実施例】実施例として、まず屈折率分布の範囲を探査することについて説明する。本発明においては、MFDの上限を問わず、可能な限り大きくすることも目的としているため、屈折率分布を明確に規定する。 Δ_1 の値は、

0.85% 以下の範囲でない場合は、MFDを拡大したとき分散勾配が増大し、また、 0.7% 以上の範囲でない場合は、曲げ損失が増大する弱くなることからこの範囲を選択した。その範囲内で、MFDを拡大したときに分散勾配が増大しない屈折率分布パラメータ (以下、 α 定数とする) を求めたところ、 $1.2\sim1.8$ の範囲となった。

【0012】 Δ_2 の値は、製造ばらつきの範囲内ではほぼシリカレベルとし、特に屈折率の調整を考えていない。必要に応じて屈折率がシリカレベルになるように調整してもよい。

【0013】次に、 Δ_3 の最適値を調べたところ、 0.3% 以下の場合には、DSFの分散値が零分散になるときのコア径のうち小さな値 (以下、細径解域とする) でのMFDの拡大が不十分で、かつ、零分散になるときのコア径のうち大きな値 (以下、太径解域とする) での分散勾配が $0.05\text{ps/nm}^2/\text{km}$ までは低下しない。また、 0.6% 以上の場合には、太径解域でシングルモード条件を完全に満たさなくなることからこの範囲を選択した。

【0014】次に、コア径比の範囲を探査することについて説明する。センタコア半径、第1サイドコア半径、第2サイドコア半径の比率は、MFDと分散勾配との関係を考慮すると、 $1:(2.1\sim2.3):(2.6\sim2.8)$ 付近が望ましいことがわかったため、その範囲内でコア径を変化させることによって伝搬条件が良好となる条件を探査した。これ以外の範囲では、特性 (MFD または分散勾配) が悪くなるか、伝搬条件が悪くなる (曲げ損失が増大する) ことがわかった。

【0015】上記のようにして得られたプロファイルの範囲で、 $1.55\ \mu\text{m}$ における分散が $-3\sim3\ \text{ps/nm/km}$ の範囲にあり、さらに細径領域において、MFDが $10\ \mu\text{m}$ 以上かつ分散勾配の絶対値が $0.12\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下となる特性の良いDSFを得ることができた。ここで作成したDSFのコア径に対する分散の関係の一例を図2に、コア径に対する A_{eff} および分散勾配の関係の一例を図3に示す。

【0016】しかしながら、使用波長での分散が零だと四光波混合と言う非線形現象が起きやすくなってしまいうという欠点がある。そこで、分散値は $1.55\ \mu\text{m}$ で微小な値を有していたほうが好ましいということになる。実験の結果、前記の微小な値は $0.5\ \text{ps/nm/km}$ 以上であればよいことがわかった。

【0017】また、コア径の値をさらに大きくしていき、太径解域も調べてみた。有効コア断面積 $60\ \mu\text{m}^2$ 以上を保つ範囲で、コア径を微小分散を有するまで大きくしていくと、分散勾配は小さくなっていき、分散勾配の絶対値が $0.05\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下という超低分散勾配領域で解を見いだすことができた。

【0018】図4にコア径を $1.55\ \mu\text{m}$ 帯で微小分散を有するようにして設計したDSFの伝送損失と波長分散の波長特性の評価結果の一例を示す。このときの Δ_1 の値は 0.78% 、 α の値は 1.5 、 Δ_2 の値は 0% (シリカレベ

ル)、 Δ の値は0.41%、コア径比は1:2.2:2.8であった。

【0019】また、上記の屈折率分布の範囲でさらに多くの試作を行い、有効コア断面積が $90\mu\text{m}^2$ 以上になる範囲でも、曲げ損失、分散勾配の値が、余り大きくならないことが確認された。表1に今回試作したDSFの特性の一例を示す。表1において、segとはセグメント(ブ

DSFの評価結果

	ロス *1	分散値 *1	分散勾配 *1	MFD *1	A_{eff} *1	N_2/A_{eff} *1	曲げロス *1 *2
単位	dB	ps/nm/km	ps/nm ² /km	μm	μm^2	e^{-10}/W	dB/m
seg #1	0.253	0.52	0.114	10.5	90.9	3.41	8.5
seg #2	0.247	1.91	0.107	10.7	83.6	3.31	1.1
seg #3	0.198	2.32	0.039	8.90	61.2	5.08	3.0
seg #4	0.201	1.11	0.035	9.23	64.7	4.81	4.7
seg #5	0.199	2.80	0.036	9.70	71.7	4.33	0.8

*1:光波長を1550nmとしたときの値を示す。

*2:光ファイバの曲げを20mm ϕ としたときの値を示す。

【0021】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、DSFの波長1.55 μm 帯の分散を微小分散に設定し、プロファイルを最適範囲に設定することにより、低非線形性と低分散勾配を同時に有するDSFを得ることができる。低非線形性が得られるということは、高速大容量伝送においても、信号光の波形歪みを制御できることであり、分散勾配が小さいと言うことは、広い範囲の波長域を信号光として用いることができることを意味する。

【0022】すなわち、本発明のようなプロファイルで設計を行えば、波長分割多重伝送に適した低非線形のDSFを作製することができる。

【図面の詳細な説明】

【図1】本発明で使用した分散シフトファイバの屈折率※

20※分布の一例を示す図である。

【図2】本発明で使用した分散シフトファイバの最外部のコアの外径値に対する分散値の関係の一例を示す図である。

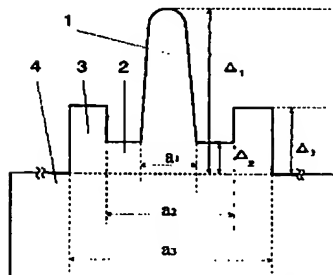
【図3】本発明で使用した分散シフトファイバの最外部のコアの外径値に対する A_{eff} および分散勾配の関係の一例を示す図である。

【図4】本発明で使用した分散シフトファイバの伝送損失と波長分散の波長特性の一例を示す図である。

【符号の説明】

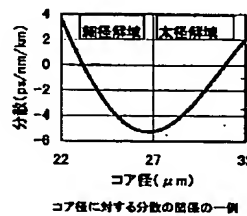
- 1 センタコア
- 2 第1サイドコア
- 3 第2サイドコア
- 4 クラッド

【図1】



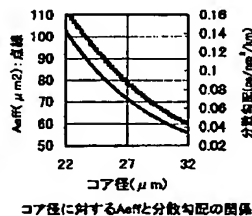
分散シフトファイバの屈折率分布の一例

【図2】



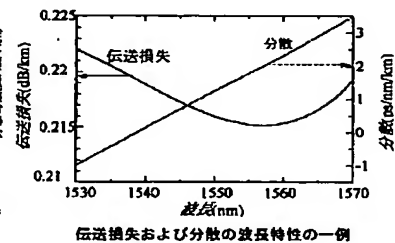
コア径に対する分散の図値の一例

【図3】



コア径に対するAeffと分散勾配の関係

【図4】



伝送損失および分散の波長特性の一例